

ВНЕДРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УНИВЕРСИТЕТЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ

*М. А. Вышиванов¹, Д. В. Гмарь², В. В. Крюков³, К. С. Нагорняк⁴,
К. И. Шахгельдян⁵*

Аннотация: Рассмотрено решение задачи виртуализации компьютерных рабочих мест университета. Сделан анализ и обоснован выбор технологии нулевых клиентов с микросхемой Teradici и программного обеспечения (ПО) VMware View. Описана облачная инфраструктура университета, представлены результаты реализации проекта по внедрению технологии виртуализации рабочих мест на основе VMware View и нулевых клиентов (330 рабочих мест), показаны преимущества применения этих решений, сделана оценка эффективности использования нулевых клиентов в университете. При использовании технологии нулевых клиентов стоимость владения рабочим местом за 5 лет снижается в 1,5 раза, при этом значительно уменьшаются энергопотребление и уровень шума, повышаются сохранность данных, скорость развертывания новых рабочих мест и обновления ПО, увеличивается эффективность загрузки аудиторного фонда университета.

Ключевые слова: виртуализация рабочих мест; нулевые клиенты; облачные технологии

DOI: 10.14357/08696527140112

1 Введение

Современный университет, так же как и любая крупная организация, рано или поздно сталкивается с ситуацией, когда информационная инфраструктура (ИТ-инфраструктура) достигает таких размеров и такой сложности, что на ее поддержку уходит большой объем временных, материальных и трудовых ресурсов. Проблемы, с которыми сталкивается крупная организация, имеющая развитую ИТ-инфраструктуру, при поддержании жизненного цикла оборудования и ПО можно сформулировать следующим образом:

¹Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, maksim.vyshivanov@vvsu.ru

²Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, dimer@vvsu.ru

³Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, kryukov@vvsu.ru

⁴Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, konstantin.nagornyak@vvsu.ru

⁵Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, carinash@vvsu.ru

- значительные расходы на обновление и сопровождение применения ПК (ремонт, модернизацию, электроэнергию, поддержку климата и т. п.);
- рост количества ПК (что особенно свойственно университетам) приводит к увеличению штата ИТ-специалистов;
- ИТ-специалисты вынуждены тратить бóльшую часть своего рабочего времени на поддержку существующей инфраструктуры, а не на ее развитие;
- невысокая эффективность использования вычислительных ресурсов на рабочих местах (вычислительные ресурсы ПК используются не более чем на 10%);
- необходимость оперативного оснащения компьютерами и приложениями большого количества новых рабочих мест;
- необходимость копирования данных из разных источников на переносной носитель для работы вне основного рабочего места;
- проблема обеспечения корпоративной мобильности лицензионного ПО — оперативного переноса ПО на определенные компьютеры (для университета, например, — в определенные учебные классы, которые указаны в расписании занятий);
- несанкционированное разукomплектование (или подмена комплектующих) компьютеров на рабочих местах;
- периодические потери файлов на ПК из-за выхода из строя жестких дисков.

Высокие темпы роста системных требований к персональному рабочему месту, увеличение числа рабочих мест, тарифов на электроэнергию, стоимости труда ИТ-специалистов ставят вопрос о таких изменениях в ИТ-инфраструктуре, которые обеспечивали бы не только сокращение издержек, но и повышение эффективности применения информационных технологий на корпоративном уровне в длительной перспективе.

Решение вышеописанных проблем возможно на основе применения технологий виртуализации применения персональных компьютеров на рабочих местах сотрудников и учебных местах в компьютерных классах (Virtual Desktop Infrastructure, VDI). Внедрение и использование технологии VDI, с одной стороны, ставит перед университетами сложные организационные и технические задачи, с другой — обеспечивает эффективность развития и эксплуатации ИТ-инфраструктуры. Авторами в 2012–2013 гг. осуществлено внедрение VDI во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса (ВГУЭС). Проблемы и результаты проекта внедрения и использования VDI обсуждаются в этой работе.

2 Внедрение виртуальных рабочих мест в университетах и используемые технологии

Университет Беркли (США) одним из первых в 2008–2009 гг. реализовал пилотный проект по тестированию технологии виртуализации VDI [1]. Технология VDI является серверо-центричной вычислительной моделью, естественным продолжением модели тонкого клиента. Основные преимущества получены там, где рабочие места могут быть стандартизованы при соблюдении баланса между ценой и производительностью. В проекте университета Беркли выбор осуществлялся между технологиями VMware, Citrix, MokaFive. Проект реализовывался на основе VMware View. В качестве клиента использовались различные тонкие клиенты от Wyse с операционными системами Wyse ThinOS или Windows XP Embedded. Основные проблемы, выявленные при реализации проекта, состояли в следующем:

- сложности при создании новых виртуальных машин в пуле;
- потери профайлов после рекомпозиции;
- медленный вход в систему, что вело к разрыву сессий;
- удаление виртуальных машин иногда требовало слишком много времени;
- необходимость устанавливать VMware Infrastructure Client (VIC) на каждое рабочее место для административного доступа к виртуальной машине, что требует дополнительного обучения, а также более аккуратного применения учетных записей Active Directory (AD), чтобы избежать нерегламентированного доступа;
- проблемы с производительностью в части развертывания пулов и их изменений;
- проблемы связи с диском виртуальных машин;
- проблемы с флеш-драйверами, не все из которых работали с VIC;
- проблемы входа в систему пользователей, когда около 10% пользователей не могли войти в систему по неопределенным причинам;
- проблемы выбора пула, если у пользователя были права на несколько пулов;
- нехватка памяти и проблемы подключения оптического диска у тонких клиентов Wyse.

В заключении работы [1] сделан вывод о недостаточной зрелости технологии и предложено отложить внедрение.

В Стэнфордском университете рассматривают технологию VDI как механизм сокращения стоимости владения оборудованием и ПО, как средство обеспечения доступности рабочего места из любой точки [2]. В то же время отмечается высокая стоимость серверного оборудования, возможность использования одного сервера лишь для 30–80 виртуальных рабочих мест.

В Южно-Уральском государственном университете завершен проект по созданию инфраструктуры виртуальных рабочих мест на базе Microsoft Hyper-V Server [3]. Инфраструктура виртуальных рабочих столов развернута на базе Citrix XenDesktop VDI Edition и продуктов Microsoft System Center, что используется в нескольких учебных компьютерных классах, планируется осуществить переход на эту платформу за 2–3 года.

В Российском государственном торгово-экономическом университете реализован проект виртуализации серверных мощностей и рабочих мест пользователей также на базе Microsoft Hyper-V Server [4]. Внедрение выполнено в главном корпусе на половине рабочих мест и в компьютерных классах. Для организации автоматизированных рабочих мест использовалась терминальная технология на основе тонких клиентов Sun Ray 2. В центральной серверной построена ферма из восьми серверов SunFire X2200M2. Система хранения данных собрана с использованием как классических дисковых массивов Sun StorageTek 2500, так и новых гибридных хранилищ SunStorage 7000. Опыт внедрения показал значительную экономию электроэнергии [5].

На текущий момент для доступа к виртуальным рабочим столам VDI существует два типа клиентов: нулевые и тонкие. Все вышеописанные примеры касались технологии тонких клиентов. В тонких клиентах прошита облегченная операционная система [6]. Для нулевых клиентов не требуется операционной системы, так как используется протокол передачи данных PCoIP (PC over IP — ПК по протоколу IP) между сервером виртуализации и терминальным устройством. Требования к пропускной способности вычислительной сети для протокола PCoIP варьируются от 64 Кбит/с до 300 Мбит/с в зависимости от решаемой на терминалах с нулевыми клиентами задачи. Это позволяет ограничиться на терминальном устройстве программируемой логической интегральной схемой типа FPGA (field-programmable gate array) или микропроцессором типа Teradici [7].

Нулевые клиенты на основе Teradici поддерживают аппаратный обработчик протокола PCoIP, поэтому они обладают высокой производительностью. Основным недостатком таких устройств является жесткая ориентированность на инфраструктуру VMware View. Устройства этого типа выпускают Wyse, LG, Samsung, Cisco. Нулевые клиенты на основе FPGA содержат только обработчик собственного протокола передачи видеоизображения. Основным недостатком является невозможность перепрограммирования FPGA и, соответственно, отсутствие обновления при выходе новых версий протоколов.

Тонкие клиенты представляют собой миникомпьютеры со встроенной операционной системой и поддерживают несколько протоколов (PCoIP, RDP (Remote Desktop Protocol) и др.). В качестве недостатка тонких клиентов нужно отметить низкую по сравнению с нулевыми клиентами производительность (особенно в части графики и воспроизведения видеопотока) из-за того, что тонкие клиенты выполняют программное декодирование, а нулевые — аппаратное [8]. Производителями тонких клиентов являются такие компании, как Wyse, HP и др.

Помимо VMware на рынке виртуализации рабочих мест есть решения Citrix, Microsoft, NComputing. Для управления виртуальными рабочими местами можно использовать, например, Citrix Xenon Desktop [9]. К преимуществам Citrix следует отнести возможность работы с разными гипервизорами (VMware Virtual Infrastructure и Microsoft Hyper-V). К недостаткам — сложность установки и настройки, отсутствие встроенной поддержки пулов, в которых виртуальная машина автоматически закрепляется за пользователем, высокую стоимость ПО. Недостатком решений Microsoft является весьма ограниченный список поддерживаемых операционных систем, отсутствие полноценной «живой» миграции виртуальных машин и в целом менее готовый по сравнению с VMware продукт [9].

К указанным выше преимуществам VMware можно добавить значительно меньший размер гипервизора по сравнению с Microsoft, большое число поддерживаемых гостевых операционных систем, полноценную «живую» миграцию, простое администрирование и то, что VMware — надежно функционирующий продукт. К недостаткам VMware нужно отнести достаточно высокую стоимость ПО.

3 Виртуализация рабочих мест в университете

3.1 Информационная инфраструктура университета

В 2012 г. во ВГУЭС была разработана концепция Электронного кампуса, представленная в работе [10]. На основе разработанной концепции осуществлен переход к частной облачной инфраструктуре, что вызвано необходимостью модернизации вычислительной и сетевой инфраструктуры в соответствии с новыми требованиями: повышением качества сервиса при эксплуатации информационных систем и сервисов Электронного кампуса (надежности, производительности выполнения запросов), снижением эксплуатационных затрат на использование серверного оборудования и клиентских рабочих мест, уменьшением временных затрат на развертывание новых рабочих станций и прикладного ПО, упрощением управления лицензиями на ПО, увеличением пропускной способности межсерверных коммуникаций в центре обработки данных (ЦОД), а также между ЦОД и коммутаторами уровня распределения, улучшением управляемости и безопасности вычислительной сети.

Технологической основой Электронного кампуса является ЦОД, обеспечивающий надежность функционирования и требуемую производительность систем и сервисов корпоративной информационной среды (КИС) вуза.

К концу 2012 г. во ВГУЭС выполнена модернизация транспортной сети передачи данных, что потребовало внедрения нового коммутатора ядра сети (Cisco 6509) и частичного обновления оптических линий связи. После модернизации ЦОД все физические серверы включены непосредственно в ядро сети, что обеспечивает неблокируемую коммутацию на скорости 1 Гбит/с и позво-



Рис. 1 Архитектура ЦОД ВГУЭС

ляет расширяться до 10 Гбит/с. Построены два кластера: кластер серверной виртуализации и кластер виртуализации рабочих мест (рис. 1).

В вычислительной инфраструктуре осуществлен переход от виртуализации серверов к созданию частного облака на основе технологии VMware. В результате обеспечено повышение надежности функционирования и производительности всех сервисов и систем КИС, повышение эффективности потребления ресурсов и экономия за счет рационального распределения вычислительных мощностей по задачам в соответствии с их реальной потребностью, уменьшение времени простоя оборудования, минимизация времени развертывания систем и затрат на их сопровождение.

3.2 Выбор технологии виртуализации рабочих мест

Для развертывания виртуализации рабочих мест необходимо прежде всего выбрать технологию тонкого или нулевого клиента. Серьезным недостатком тонкого клиента является его более низкая производительность по сравнению с нулевым клиентом. Наличие встроенной операционной системы также уменьшает привлекательность технологии при использовании в университете, где предпо-

Таблица 1 Сравнительные характеристики для выбора между тонким и нулевым клиентом

Характеристика	Тонкий клиент	Нулевой клиент
1. Производительность (количество воспроизводимых пикселей на экране в секунду), МРх	5–8 (программное декодирование)	50 (аппаратное декодирование)
2. Встроенная операционная система	Обязательна	Отсутствует
3. Приемлемый срок эксплуатации	5 лет	10 лет
4. Потребление электроэнергии	65 Вт/ч + монитор	6 Вт/ч (29 Вт/ч с монитором)
5. Наличие заменяемых комплектующих	Да	Нет
6. Риск выхода из строя	Средний	Низкий
7. Скорость развертывание новых рабочих мест	Средняя	Высокая
8. Поддержка протоколов	Любые	РСoIP
9. Возможность получения питания через коммутатор (технология POE)	Нет	Есть
10. Стоимость, руб.	25 000 (с монитором)	19 500 (с монитором)

читительнее полное централизованное управление. Сопоставление характеристик для выбора тонкого и нулевого клиента приведено в табл. 1.

Несмотря на то что тонкие клиенты имеют бóльшую гибкость по сравнению с нулевыми клиентами в части доступных протоколов, выбор в пользу нулевого клиента очевиден.

Выбор между нулевыми клиентами Teradici и Pano Logic (FPGA) осуществлялся с учетом производительности и возможности обновления. Эксперименты проводились с устройствами обоих типов и позволили сделать однозначный выбор в пользу технологии на микропроцессорах типа Teradici, несмотря на более низкое энергопотребление устройств, работающих на базе FPGA (табл. 2).

Таблица 2 Сравнительные характеристики для выбора между Teradici и Pano Logic

Характеристики	Teradici	Pano Logic
1. Производительность	Высокая	Средняя
2. На какой базе построены	Процессор Tera 1	FPGA
3. Обновление прошивки	Возможно	Невозможно
4. Привязка к определенной технологии виртуализации	Есть (VMware)	Нет
5. Энергопотребление, Вт/ч	6,5	5
6. Плавность в отображении	Высокая	Низкая

В целом по результатам анализа и экспериментов выбрана технология VDI с заменой ПК нулевыми клиентами на микропроцессах типа Teradici.

Выбор технологии гипервизора и управления виртуальными рабочими местами основывался, во-первых, на том, что виртуализация в ЦОД ВГУЭС построена на основе VMware, во-вторых, на сравнении гипервизоров (табл. 3).

Выбор технологии VMware View определялся, во-первых, поддержкой технологии нулевых клиентов (на момент внедрения — только у VMware View). Во-вторых, использование VMware протоколов PCoIP и HTML Access позволяет существенно снизить требования к пропускной способности каналов связи и обеспечить работу в корпоративной сети из удаленных точек. В-третьих, инфраструктура Электронного кампуса вуза объединяет большое число серверов с различными операционными системами, для чего лучше приспособлена технология VMware, которая поддерживает большее число гостевых операционных систем. В-четвертых, VMware View удобнее в администрировании. Кроме того, поддержка передачи и обработки видеоинформации, автоматизация развертывания рабочих станций у VMware реализована лучше.

Таким образом, для внедрения во ВГУЭС облачной инфраструктуры выбрана технология VMware View с нулевыми клиентами на основе микропроцессора Teradici.

3.3 Внедрение технологии виртуализации рабочих мест

Для внедрения в университете виртуальных рабочих мест на основе нулевых клиентов необходимо определиться с пилотными площадками. В университете можно выделить следующие подразделения для виртуализации рабочих мест:

- компьютерный центр с несколькими аудиториями, в которых студенты различных специальностей выполняют лабораторные и практические задания на компьютерах;
- компьютерные классы кафедр и других учебных подразделений, в которых студенты близких направлений и специальностей выполняют лабораторные и практические задания на компьютерах;
- библиотека, в которой рабочие места нужны для доступа к информационным ресурсам;
- рабочие места преподавателей и сотрудников кафедр, где рабочее место может иметь многопользовательский доступ;
- рабочие места сотрудников университета, которые в однопользовательском режиме реализуют процессы с помощью систем и сервисов Электронного кампуса.

Наибольшую выгоду нулевые клиенты дают там, где используются однотипные рабочие места. Это, прежде всего, компьютерные классы в компьютерном центре, библиотека и компьютерные классы на кафедрах. Компьютерный

Таблица 3 Сравнительные характеристики для выбора между VMware, Microsoft и Citrix

Характеристика	VMware	Microsoft	Citrix
1. Используемый гипервизор в ЦОД	VMware ESX VMware ESXi	Microsoft Hyper-V	Гипервизор VMware или Microsoft
2. Объем памяти, выделяемый гипервизору, ГБ	2	10 — для Windows Server 2008 2,6 — для Windows Server Core	Зависит от выбранного гипервизора
3. Операционная система гипервизора	Встроенная	Windows 2008 x64 Standard/Enterprise/Datacenter Editions	Зависит от выбранного гипервизора
4. Поддержка нулевых клиентов	Да	Нет	Да
5. Поддерживаемые операционные системы	Microsoft Windows, Red Hat, SUSE Linux, FreeBSD, NetWare, Solaris 10	Microsoft Windows, SUSE Enterprise Linux	Microsoft Windows
6. Удобство администрирования	Высокое	Низкое	Зависит от выбранного гипервизора
7. Живая миграция*	Есть	Частично (во время миграции нельзя пользоваться виртуальной машиной, но данные не теряются)	Есть
8. Протоколы соединения клиента с сервером	RDP, RCoIP, HTML Access	RDP	HDX
9. Требования к пропускной способности сети	Зависит от выбранного протокола (для RCoIP — невысокие, для HTML Access — низкие)	Высокие	Невысокие

*Живая миграция — перенос виртуальной машины с одного физического сервера на другой без прекращения работы виртуальной машины и остановки сервисов.

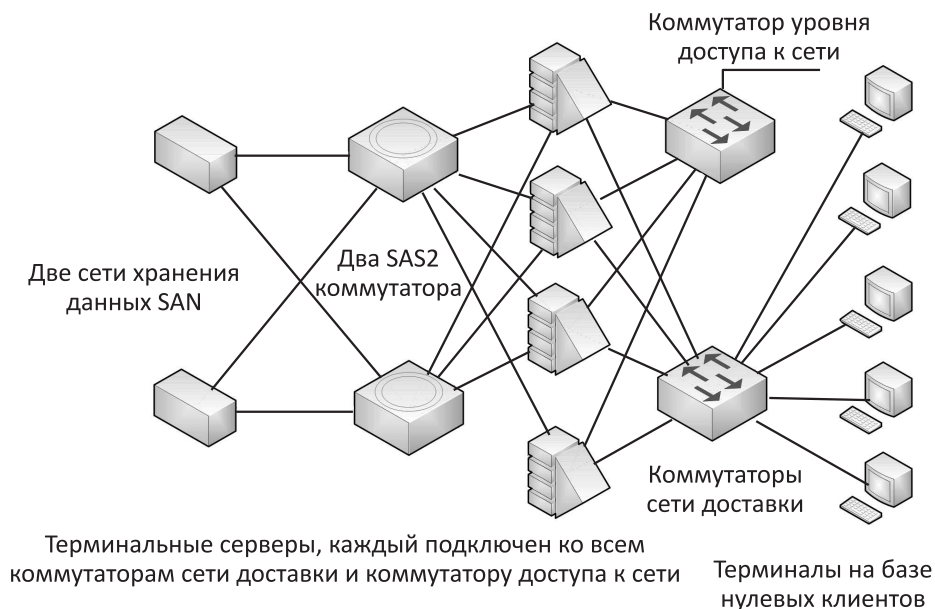


Рис. 2 Схема подключения терминалов для виртуализации рабочих мест

центр — это место, где требуется большое количество однотипных рабочих мест с часто меняющимся прикладным ПО и повышенным риском потери работоспособности приложений из-за неумелых действий пользователей. Поэтому на первом этапе реализации проекта в 2012 г. во ВГУЭС переоборудованы 4 компьютерных класса, где установлены нулевые клиенты с процессором Tera 1, встроенным в терминалы Samsung NC240 с диагональю 23,6" (90 учебных мест). Руководствуясь этим успешным опытом виртуализации учебных мест, в 2013 г. внедрено еще 240 нулевых клиентов (терминалы LG на базе процессора Teradici 2: 23CAV42K LG CAV42K V-Series Zero Client Cloud Monitor). Терминалы LG отличаются от Samsung наличием большего числа USB-портов, IPS-матрицей и новым, в несколько раз более производительным, чем Tera 1, процессором Tera 2.

Терминалы, поддерживающие технологию нулевых клиентов, установлены не только в компьютерных классах компьютерного центра и кафедр, но и в библиотеке и на рабочих местах персонала университета. Терминалы подключены к кластеру виртуализации рабочих мест. Кластер виртуализации рабочих мест подключен к двум хранилищам данных выделенной сети хранения в соответствии с архитектурой SAN через два коммутатора SAS2 (рис. 2).

Надежность функционирования нулевых клиентов обеспечивается дублированием связей и узлов (кластер подключен к двум коммутаторам, к которым с другой стороны подключены два хранилища), производительность обеспечива-

Таблица 4 Развертывание нулевых клиентов в университете

Место развертывания	Количество
1. Компьютерный центр	220
2. Классы кафедр и подразделений	50
3. Библиотека	30
4. Рабочие места сотрудников	30
Итого	330

ется дублированием каналов связи. Выход из строя любого узла в используемой схеме подключения не приведет к перебоям в функционировании инфраструктуры Электронного кампуса университета.

На серверной стороне виртуализацию рабочих мест обеспечивают четыре гипервизора, ОЗУ 2 ТБ, 256 ядер (AMD), 4 карты разгрузки процесса APEx2800, две системы хранения данных IBM DS3524 (48 × 900 ГБ), LSI SAS6160, сервер хранения профилей пользователей с дисковым массивом 72 ТБ.

На текущий момент во ВГУЭС функционирует 330 терминалов с поддержкой технологии нулевых клиентов под управлением технологии WMWare (табл. 4).

3.4 Опыт развертывания и использования технологии виртуализации рабочих мест

В компьютерном центре нулевые клиенты используются большим числом студентов при высокой нагрузке. Нулевые клиенты, развернутые на первом этапе, прошли апробацию в течение года, нулевые клиенты, развернутые на втором этапе, — 1 семестра. Пользователи нулевых клиентов работают в операционной системе Windows 7 x86, используют пакет Microsoft Office 2013 и различное прикладное ПО.

Первый вопрос, который необходимо решить при развертывании нулевых клиентов, — создание базового (эталонного) образа для большого числа рабочих мест. Для учебных классов компьютерного центра и кафедр могут быть использованы следующие стратегии:

1. Один образ — одна аудитория, это позволяет обеспечить отдельные настройки и ПО для каждого учебного класса.
2. Один образ на все аудитории, это позволяет значительно упростить управление ПО в компьютерном центре и учебных классах кафедр.
3. Промежуточный вариант: два и более образов со своим набором ПО, этим обеспечивается как высокая эффективность управления ПО, так и защита от несанкционированного запуска.

Первая стратегия не удовлетворяет требованию по эффективному использованию аудиторий при составлении расписания, так как ограничивает использование

специализированного ПО в определенной аудитории компьютерного центра или кафедры. Если же не делать жесткую привязку пула к аудитории, то большой выбор пулов при загрузке значительно усложняет корректную загрузку большого числа пользователей (студенты часто ошибаются при выборе пула). Кроме того, обслуживание большого числа пулов снижает эффективность ИТ-поддержки, так как требуется много времени на обновление ПО в эталонных образах.

Второй подход, будучи свободным от этих недостатков, может создавать проблемы при использовании лицензионного ПО с конкретными лицензиями, когда студенты несанкционированно запускают такое лицензионное ПО, что приводит к проблемам его использования другими студентами. Решение этой проблемы состоит в создании второго эталонного образа (или еще нескольких эталонных образов) со специализированным ПО и удалении такого специализированного ПО с конкурентными лицензиями из базового эталонного образа. Пул виртуальных машин, созданных на основе эталонного образа со специализированным ПО, подается во время перемены перед занятием в компьютерные классы, где по расписанию проводятся занятия со специализированным ПО. Использование единственного пула, бесспорно, значительно упрощает ИТ-поддержку, но усложняет работу отдельных пользователей и не может обеспечить необходимой индивидуализации обслуживания.

Наиболее удобным является третий вариант, когда создается более одного образа, но намного меньшим числом, чем количество компьютерных классов. Например, можно обойтись 2–4 образами. Для первого базового образа предлагается использовать только базовое ПО, включая в него помимо операционной системы такие пакеты, как MS Office, и некоторые другие. Для второго и третьего образов можно выделить помимо базового ПО специализированное ПО (ПО для дизайнеров, ПО для математиков и т. п.) или использовать иной принцип формирования базового образа.

Пулы виртуальных машин создаются по технологии Linked clone (связанных клонов). Эта технология позволяет разворачивать виртуальные машины из базового образа, на который изначально ставится все необходимое ПО, и при этом экономится дисковое пространство. Без использования этой технологии созданные клоны (виртуальные машины) используют столько же дискового пространства, сколько использует эталонная машина. В рассматриваемом случае используется дополнительный диск, на котором хранится только разница между диском эталонного образа и клона. Важно также использовать ресурсные пулы, т. е. пулы, которые позволяют ограничивать потребности виртуальных машин в ресурсах в рамках одного пула. Это значительно уменьшает вероятность того, что отдельные задачи помешают работе множества виртуальных машин кластера.

Для нулевых клиентов обеспечена возможность подключения ко всей необходимой периферии: принтерам, сканерам, многофункциональным устройствам, проекторам, смарт-доскам и экранам, веб-камерам, колонкам, наушникам, съемным жестким дискам.

До последнего времени технология нулевых клиентов не позволяла в полной

мере применять ее для сложных графических программ, особенно для 3D-графики. Поэтому один из классов компьютерного центра, где используется программа AutoCAD, не переведен на технологию нулевых клиентов. Такая возможность появится в ближайшее время за счет использования в кластере виртуализации рабочих мест сервера с акселераторами NVIDIA GRID K2 для пула виртуальных рабочих мест с графическими пакетами и видеообработкой. Кроме того, в учебном процессе используется несколько устаревших пакетов прикладных программ (например, Statistica), работа которых на нулевых клиентах невозможна, в то же время стоимость версии, способной работать на новой технологии, слишком велика. В данном случае рассматривается вопрос о замене на пакет с лучшим соотношением цена/качество (где в характеристики качества включено требование работы на нулевых клиентах).

Для работы в библиотеке оптимально подходит первый базовый образ, так как все необходимые специализированные библиотечные программы имеют веб-интерфейс.

Установка нулевых клиентов у сотрудников университета потребовала дополнительных настроек. Во-первых, несмотря на то что сотрудники используют различное ПО, необходимо объединить их в максимально большие группы и для этих групп развернуть пулы виртуальных машин. Основным критерием оптимизации групп является их число, а это может привести к тому, что некоторые сотрудники получают доступ к ПО, которое им не нужно. Здесь может помочь то, что персонифицированным доступом к ПО можно управлять на уровне прав учетных записей службы каталогов сервиса типа Identity Management или иными средствами управления доступом, имеющимися в наличии у ПО. Если этого недостаточно, то можно воспользоваться тем же подходом, что и для компьютерного центра: созданием нескольких эталонных образов. Во-вторых, при развертывании нулевых клиентов у сотрудников требуется дополнительное время для переноса данных пользователя и подключения периферийных устройств. Например, для установки принтера необходимо подключиться к нему с эталонного образа, установить драйверы и после этого снова развернуть виртуальные машины, причем, даже если во всей организации установлены одинаковые принтеры, подключаться придется к каждому устройству. Для повышения уровня безопасности в ближайшее время планируется сделать различные пулы для сотрудников не только по набору ПО, но и по сети, т. е. у сотрудника будет возможность получать доступ только к тем ресурсам, для использования которых у него достаточно прав.

Установка терминалов позволила сотрудникам иметь доступ к своему рабочему месту с любого терминала или ПК (через программу View Client или любой браузер вне университета). Появилась возможность доступа к своему рабочему столу с мобильных устройств на платформах iOS и Android.

Для проведения работ на сервере гипервизоры переводятся в режим поддержки (maintenance), виртуальные машины мигрируют с такого гипервизора незаметно для пользователя (возможна заморозка экрана не более чем на 5 с)

и пользователь продолжает работать на другом сервере. Ресурсы серверной группы планируются по схеме $N + 1$, и выход одного сервера не влияет на работу пользователей.

3.5 Анализ результатов внедрения и использования технологии виртуализации рабочих мест

Внедрение нулевых клиентов в университете дает следующие преимущества:

- снижается уровень шума в аудиториях и как следствие создаются гораздо более комфортные условия для обучения студентов;
- экономия электроэнергии и высвобождение источников бесперебойного питания. Например, на класс с 30 ПК требовалось 3 источника бесперебойного питания мощностью 3000 Вт, для класса же, в котором установлено 30 нулевых клиентов, достаточно одного такого источника бесперебойного питания, причем его загрузка будет около 50%–70%;
- надежность рабочих мест: терминалы практически не выходят из строя, все учебные места в компьютерном классе используются;
- надежность работы ПО, так как выполняется полное обновление виртуальных машин до исходного состояния после завершения сеанса пользователями, отсутствуют сбои в работе ПО, возникающие по вине пользователя;
- высокая скорость установки и обновления ПО. Программа устанавливается один раз на эталонный образ, а потом образ разворачивается на все необходимые виртуальные машины;
- возврат рабочей станции до эталонного образа после каждого выхода пользователя из системы (при этом документы и настройки сохраняются);
- централизованное управление инфраструктурой (терминалами и виртуальными машинами), включая настройку, обновление ПО и контроль работоспособности;
- быстрое развертывание нового рабочего места (2 человеко-часа на класс из 30 новых рабочих мест);
- независимость составления расписания от типа необходимого ПО (нужное ПО будет подано в ту аудиторию, которая указана в расписании);
- единый профиль пользователя во всех аудиториях, т. е. с какого бы терминала и к какой бы виртуальной машине в пределах инфраструктуры ни подключился пользователь, все его документы и настройки сохраняются;
- централизация хранения данных — сохранность всей информации обеспечивается серверным оборудованием, а не отдельным компьютером; выход из строя нулевого клиента не повлечет за собой потерю данных пользователя. Применяются технологии избыточного хранения: средства централизованного резервного и архивного копирования.

Установка нулевых клиентов позволила оптимизировать кадровый состав ИТ-подразделений университета. Например, число ставок низкоквалифицированного персонала компьютерного центра сокращено на 30%, при этом повышены требования к уровню профессионализма инженеров компьютерного центра, расширена их зона ответственности, так как они занимаются поддержкой работы всех нулевых клиентов университета. Количество обслуживаемых рабочих мест на одного сотрудника увеличилось в 2 раза, но на текущий момент не покрывает 100% рабочего времени ИТ-специалистов, что позволяет увеличивать производительность труда при расширении внедрения нулевых клиентов и дальше. В соответствии с планами в 2014 г. в университете будет установлено 500 новых терминалов.

Нужно отметить, что внедрение нулевых клиентов в первую очередь влечет за собой сокращение низкоквалифицированного персонала — операторов, техников. Это объясняется тем, что не требуется непосредственно управлять каждым устройством и уменьшаются перебои в работе оборудования на рабочих местах (терминал более надежен, чем ПК).

Отдельно хотелось бы выделить финансовую составляющую процесса замены ПК на нулевые клиенты. Конечно, это влечет за собой значительные затраты на закупку серверного оборудования, терминалов и ПО, но эти затраты достаточно быстро окупаются за счет экономии. Авторам удалось добиться значительной экономии за счет внедрения нулевых клиентов по следующим причинам:

- зарплата персонала — сокращение ставок дало экономию около 1,2 млн руб. в год;
- экономия на стоимости владения оборудованием, включая расходы на электроэнергию.

В табл. 5 представлены приблизительные расчеты на 5 лет.

Экономия с учетом уже установленных 330 нулевых клиентов составит около 1,3 млн руб. в год (без учета экономии на зарплате). При этом нужно учитывать, что срок службы нулевых клиентов, скорее всего, составит больше 5 лет, так

Таблица 5 Стоимость владения ПК и нулевым клиентом за 5 лет эксплуатации

Статьи расходов	Расходы за 5 лет	
	ПК	Нулевой клиент
Клиентское устройство	19 000	19 500
Windows + SA/VDA	3500 + 3000	4500
VMware View 5.2	0	5600
Ресурсы ЦОД	0	4000
Зарплата с налогами	25 000 (125 ч)	5000 (25 ч)
Электричество	8400	1200
Источник бесперебойного питания	1200	200
Итого	6 100	40 500

Таблица 6 Сравнение эксплуатационных характеристик ПК и нулевых клиентов

Характеристика	1 ПК	330 ПК	1 терминал	330 терминалов
Энергопотребление, Вт/ч	320–420 (в среднем 370)	122 100	29	9570
Расход электроэнергии за 6 мес., кВт	260	85 800	21	6930
Первичная установка ПО, человеко-часов	6	54	7	16
Обслуживание ПО, человеко-часов за 6 мес.	24	7920	24	152
Временные затраты на устранение неполадок за 6 мес., ч	—	9900	—	632
Количество поломок устройств, устраненных при помощи службы ремонта за 6 мес., шт.	—	64	—	4 (брак при поставке)

как они устаревают значительно медленнее ПК (это предположение основано на опыте применения в университете терминалов Sun Ray в течение 10 лет).

Преимущества применения нулевых клиентов сведены в табл. 6.

Использование технологии виртуализации рабочих мест на основе нулевых клиентов, по сравнению с использованием ПК, невозможно при отсутствии сетевых соединений. Но так как в большинстве случаев линии связи до опорных технических центров (сети распределения) резервируются, то проблема может возникнуть только на участке сети доступа. Такая авария может повлиять на работу не более 24–48 нулевых клиентов.

Опыт внедрения нулевых клиентов показал, что основные проблемы возникают при подключении принтеров к виртуальным рабочим местам. В случае, когда принтер сетевой, для подключения необходимо установить его драйверы на эталонный образ. Пул виртуальных машин может быть использован большим числом пользователей с разными устройствами печати, что требует значительных временных затрат на установку разных драйверов, соответствующих разным устройствам печати, и пересоздания всех виртуальных машин пула.

Еще одна проблема связана с тем, что при запуске нулевого клиента может происходить выбор пула виртуальных машин и пользователь может выбрать пул, в котором не установлены драйверы для его принтера.

Для решения этих проблем с установкой драйверов может быть использован программный комплекс ThinPrint, который представляет собой решение для оптимизации печати в серверных окружениях. Эта программа дает следующие преимущества:

- исключается необходимость установки родных драйверов для каждого принтера на эталонный образ;

- обеспечивается возможность автоматического подключения ближайшего к пользователю принтера.

В ситуации, когда принтер подключен непосредственно к рабочему месту, использование нулевого клиента требует дополнительных действий по подключению. К вышеописанным процедурам добавляется необходимость проброса подключения принтера к эталонному образу, но даже после этого не все принтеры будут корректно работать. Эта проблема обусловлена ограничением максимальной скорости передачи данных через USB-порт нулевого клиента (до 15 Мбит/с), что приводит к сбоям печати графической информации на некоторых моделях принтеров. Выход из описанной ситуации — использование сетевых принтеров или принт-серверов (стоимость одного устройства принт-сервера 1000–1500 руб.).

4 Выводы

В течение года в университете авторами статьи реализован проект по внедрению виртуальных рабочих мест на основе технологии нулевых клиентов. За это время нулевыми клиентами воспользовались 4042 пользователя, одновременно работало максимально 300 параллельных сессий. Опыт внедрения и использования показал следующие преимущества при переходе к технологии нулевых клиентов на базе VMware: значительно повысилась эффективность ИТ-поддержки учебных и рабочих мест пользователей, сократились издержки на техническое сопровождение, значительно уменьшилось энергопотребление, улучшилась эргономика, повысилось качество предоставляемых ИТ-услуг.

Реализация серверной части виртуализации рабочих мест на основе отказоустойчивого кластера (см. рис. 1) и резервирование брокера соединений (см. рис. 2) обеспечивают высокую надежность работы клиентских мест.

Успех проекта позволяет продолжить внедрение этого решения, и в 2014 г. планируется внедрить еще 500 терминалов. Кроме этого, в 2014 г. предполагается начать использовать нулевые клиенты для работы с 3D-пакетами.

Литература

1. Holub T., Means R. Desktop virtualization pilot project. — Berkeley: Technology Program Office, 2009. http://technology.berkeley.edu/cio/presentations/Desktop_Virtualization_Pilot.pdf.
2. Desktop Virtualization. Stanford University: IT Services. https://itservices.stanford.edu/strategy/platforms/desktop_virtualization.
3. Проект создания инфраструктуры виртуальных рабочих мест в Южно-Уральском государственном университете // Образование России. РФ, 2011. <http://образованиероссии.рф/blog/проект-создания-инфраструктуры-вирт>.
4. РГТЭУ меняет общую философию управления ИТ // ЮБиТек («Универсальные бизнес-технологии»), 2010. http://www.ubtec.ru/index.php?ELEMENT_ID=405.

5. *Корепанов Э. Р.* Некоторые подходы к разработке технологий тонкого клиента для защищенных информационных систем // Системы и средства информатики, 2013. Т. 23. № 21. С. 105–112.
6. Типы «тонких» клиентов для VMware Horizon View // V-GRADE, 2013. <http://www.vsphere5.ru/doku.php?id=thin-client-types>.
7. Выбор нулевого клиента для VMware Horizon View // V-GRADE, 2013. <http://www.vsphere5.ru/doku.php?id=choose-zero-client-for-vmware-view>.
8. *Самойленко А.* Сравнение технологий для виртуализации настольных ПК: VMware VDI и Citrix XenDesktop // VM Guru, 28/10/2008. <http://www.vmgu.ru/articles/vmware-vdi-comparison>.
9. *Горицын Н.* Техническое сравнение платформ виртуализации VMware ESX Server и Microsoft Hyper-V // VM Guru, 23/07/2008. <http://www.vmgu.ru/articles/vmware-esx-vs-microsoft-hyper-v>.
10. *Крюков В. В., Шахгельдян К. И.* Информационные технологии в университете: стратегия, тенденции, опыт // Университетское управление: практика и анализ, 2012. № 4. С. 101–112.

Поступила в редакцию 28.09.13

DEPLOYMENT AND USAGE OF DESKTOP VIRTUALIZATION AT UNIVERSITY

M. A. Vyshivanov, D. Gmar, V. V. Kryukov, K. S. Nagorniak, and C. I. Shakhgeldyan

Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Str., Vladivostok 690014, Russian Federation

Abstract: Deployment of desktop virtualization at university is the main subject of the paper. The authors have analyzed and justified the choice of the zero client technology with the Teradici chip and the VMWare View software. They describe the cloud infrastructure of the university, present the results of the project to deploy the virtualization technology based on VMWare View and zero clients (330 zero clients), the advantages of using these solutions, and assessment of effectiveness of using zero clients at the university. Using the zero client technology reduces the cost of workplace ownership for 5 years by 1.5 times, minimizing noise and power consumption, increasing data integrity, speed of deployment of new workplaces and software update, efficiency of loading the university's classrooms.

Keywords: desktop virtualization; zero client; cloud computing

DOI: 10.14357/08696527140112

References

1. Holub, T., and R. Means. 2009. Desktop virtualization pilot project. Technology Program Office, Berkeley. Available at: http://technology.berkeley.edu/cio/presentations/Desktop_Virtualization_Pilot.pdf (accessed 2009).
2. Desktop Virtualization. Available at: https://itservices.stanford.edu/strategy/platforms/desktop_virtualization.
3. Proekt sozdaniya infrastruktury virtual'nykh rabochikh mest v Yuzhno-Ural'skom gosudarstvennom universitete [The project to create a Virtual Desktop Infrastructure in South Ural State University]. Available at: <http://xn--80aabfqqjba0cfdftira.xn--p1ai/blog/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D1%81%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%B8%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%82/> (accessed August 17, 2011).
4. RGTJeU menyaet obshchuyu filosofiyu upravleniya IT [RGTEU change the overall IT management philosophy]. Available at: http://www.ubtec.ru/index.php?ELEMENT_ID=405 (accessed April 29, 2010).
5. Korepanov, E. R. 2013. Nekotorye podkhody k razrabotke tekhnologiy tonkogo klienta dlya zashchishchennykh informatsionnykh sistem [Some approaches to developing thin client technologies for secure information systems]. *Sistemy i Sredstva Informatiki — Systems and Means of Informatics* 21:105-112.
6. Tipy “tonkikh” klientov dlya VMware Horizon View [Types of “thin” clients for VMware Horizon View]. Available at: <http://www.vsphere5.ru/doku.php?id=thin-client-types> (accessed March 21, 2014).
7. Vybory nulevogo klienta dlya VMware Horizon View [Selecting zero client for VMware Horizon View]. Available at: <http://www.vsphere5.ru/doku.php?id=choose-zero-client-for-vmware-view> (accessed March 21, 2014).
8. Sravnenie tekhnologiy dlya virtualizatsii nastol'nykh PK: VMware VDI i Citrix XenDesktop [Comparison of technologies for desktop virtualization: VMware VDI with Citrix XenDesktop]. Available at: <http://www.vmg.ru/articles/vmware-vdi-comparison> (accessed October 28, 2008).
9. Tekhnicheskoe sravnenie platform virtualizatsii VMware ESX Server i Microsoft Hyper-V [Technical comparison of virtualization platforms VMware ESX Server with Microsoft Hyper-V]. Available at: <http://www.vmg.ru/articles/vmware-esx-vs-microsoft-hyper-v> (accessed July 23, 2008).
10. Kryukov, V. V., and K. J. Shakhgelyan. 2012. Informatsionnye tekhnologii v universitete: Strategiya, tendentsii, opyt [Information technology at university: Strategy, trends, and experience]. *Universitetskoe Upravlenie: Praktika i Analiz* [University Management: Practice and Analysis] 4: 101–112.

Received September 28, 2013

Contributors

Vyshivanov Maxim A. (b. 1981) — leading software engineer, Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Str., Vladivostok 690014, Russian Federation; maksim.vyshivanov@vvsu.ru

Gmar Dmitriy V. (b. 1980) — Head of Department, Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Str., Vladivostok 690014, Russian Federation; dimer@vvsu.ru

Kryukov Vladimir V. (b. 1956) — Doctor of Science in economics, professor, Vice-President, Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Str., Vladivostok 690014, Russian Federation; kryukov@vvsu.ru

Nagorniak Konstantin S. (b. 1985) — PhD student, Head of the Computer Center, Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Str., Vladivostok 690014, Russian Federation; konstantin.nagorniyak@vvsu.ru

Shakhgeldyan Carina I. (b. 1967) — Doctor of Science in technology, associate professor, Head of Information Technology Department, Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Str., Vladivostok 690014, Russian Federation; carinash@vvsu.ru